

Рис. 4 – Графіки потужності та вихідної напруги: а) при 45°C; б) при 50°C

Поточне дослідження проходить в рамках НДР молодих учених №0120U101554.

### Перелік посилань

1. Т.В.Якушкін, Nanogrid в системах розподіленої генерації електроенергії / Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі. – НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – С.200-202.
2. T. Esmar and P. L. Chapman, "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques," in IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 22, no. 2, pp. 439-449, June 2007.
3. Y. Gutiérrez et al. "Fast and Slow Dynamics in DC/DC Converters with MPPT for Applications in Photovoltaic Systems." International journal of engineering research and technology 13 (2020): 3255.
4. V.Salas, E.Olías, A.Barrado, A.Lázaro, Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone PV systems, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol.90, Is.11, 2006, p.1555-1578.

**Захарченко Д.С., аспірант, 141 спеціальність, 2 курс**  
 Національний університет «Чернігівська політехніка», dimazakhar@gmail.com  
**Науковий керівник: Степенко С.А., канд. техн. наук, доцент**  
 Національний університет «Чернігівська політехніка», serhii.stepenko@stu.cn.ua

### ОГЛЯД ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ КВАЗИ-Z ІНВЕРТОРА ПІДКЛЮЧЕНОГО ДО МЕРЕЖІ

Інвертори типу QZSI (Quasi-Z-Source Inverter) стають все більш ефективним рішенням для перетворення електроенергії у системах живлення. Даний тип інвертора вважається стабільним перетворювачем постійного струму у змінний, а також підходить для подальшої передачі змінного струму до мережі. Вибір типу системи керування інвертором та її реалізація є важливим фактором впливу на його експлуатаційні показники. У даній статті використовуються пакет програмного забезпечення Matlab/Simulink для моделювання системи керування інвертором, його силової частини та аналізу показників підключення інвертора до мережі змінного струму та перехідних процесів. Виходячи з отриманих даних визначається оптимальна схема системи керування інвертором.

Традиційна техніка керування PWM (pulse width modulation) використовується для VSI (voltage source inverter) та CSI (current source inverter). QZSI з використанням PWM може працювати в Boost-режимі [1][2]. Особливість даного режиму полягає у замкненні однієї або

двох пар послідовних транзисторів для створення короткочасного короткого замикання плеча інвертора (shoot-through). Це дає можливість підвищити вихідну змінну напругу. PWM без Boost-режиму використовує два сигнали: синусоїдальний та трикутний. Логічні оператори формують Boolean сигнал для безпосереднього керування роботою транзисторів. При наявності регулятора синусоїдальний сигнал для PWM замінює сигнал з регулятора [3].

Три основні методи отримання boost режиму для QZSI: SBC (simple boost control) – PWM використовує дві константи, які огинають основний синусоїдальний сигнал на позитивному і негативному піках. Трикутний сигнал по модулю у піках більше ніж значення констант. У цих точках формується сигнал shoot-through [4]; CBC (constant boost control) – відмінністю від PWM на основі SBC є додавання сигналу третьої гармоніки. Це зменшує розмір і вартість компонентів системи, одночасно підтримуючи необхідну скважність (duty cycle), забезпечується більше підсилення напруги [5]; MBC (maximum boost control) – використовуються лише синусоїдальний сигнал та трикутний сигнал [6]. Кожен нульовий стан стає shoot-through для досягнення максимального значення підсилення. Кожен транзистор має окремий Boolean сигнал керування. Реалізація цього методу подібна до SBC, за виключенням двох констант [7]. При необхідності розширення діапазону модуляції може бути включена третя гармоніка. Однак цей метод вводить низькочастотні пульсації у струм, пов'язані з вихідним струмом індуктивності та напругою конденсатора. Такі фактори призводять до підвищених вимог до пасивних компонентів при низькій вихідній частоті. Коефіцієнт посилення (boost factor)  $B$  у ланці постійного струму  $U_{dclink}$  і коефіцієнт гармонічних спотворень (THD) мають залежність від індексу модуляції ( $m$ ) для усіх методів керування QZSI [8].

Таблиця 1 – Результати моделювання

	PWM	SBC	CBC	MBC
$m$	0.75	0.75	0.75	0.75
$U_{dc}, V$	300	300	300	300
$U_{dclink}, V$	480.9	586,7	847,7	1402,1
$U_{grid}, V$	220	220	220	220
$I_{grid}, A$	5.32	6.24	4.26	2.65
$I_{inv}, A$	5.46	6.31	4.32	2.58

Режим MBC має найбільший коефіцієнт  $B$ , а відповідно постійну напругу на QZ-ланці  $U_{dclink}$ , та найбільший THD у порівнянні з CBC та SBC. На 2 місці – метод CBC, на 3 – SBC. Метод SBC має найбільшу напругу на транзисторах, MBC по цьому показнику на 2 місці, CBC – на останньому. Усі три методи отримання boost режиму для QZSI промодельовані в MatLab/Simulink на моделі QZ-інвертора з транзисторами типу IGBT з частотою перемикавання 25kHz та вихідним LCL-фільтром підключеним до мережі змінного струму з амплітудною напругою 311V та частотою 50Hz. Оцінювання проводилось по зміні струму мережі  $I_{grid}$ , струму на виході інвертора до LCL-фільтра та напруги мережі  $U_{grid}$ . Наруга ланки постійного струму  $U_{dc}$  налаштована на 300V, індекс модуляції  $m = 0,75$ . Осцилограми сигналів за результатами моделювання, занесеними до табл. 1, представлені на рис.1.

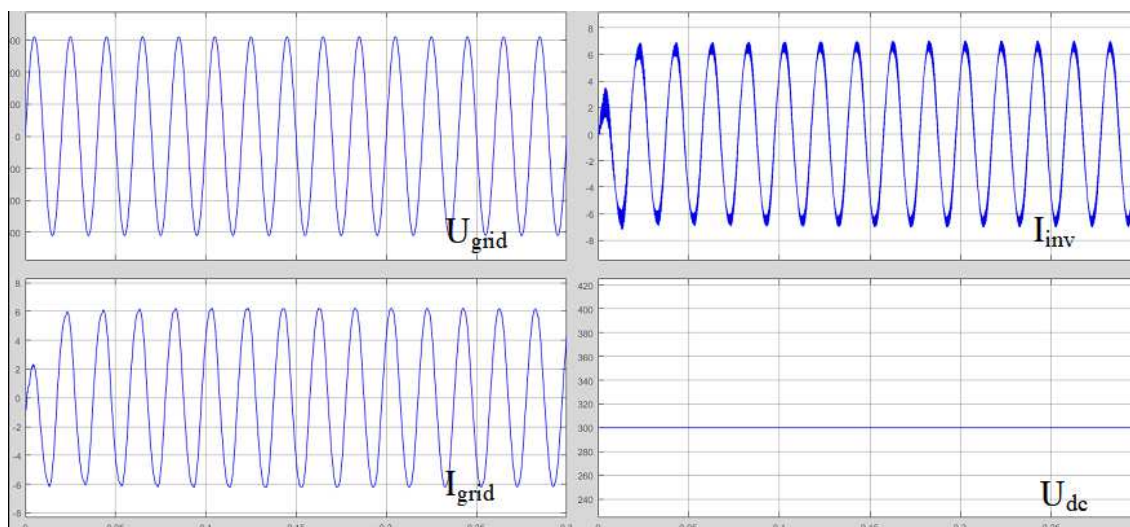


Рис. 1 – Осцилограми результатів роботи інвертора

Найбільш ефективним є використання методу СВС завдяки оптимальним значенням струму і напруги інвертора та струму мережі. Даний спосіб не створює спотворення на пасивних елементах при роботі на частоті мережі 50Hz, не вимагає складних рішень для налаштування, не ставить додаткових вимог до компонентів у порівнянні з методом МВС.

Поточне дослідження проходить в рамках НДР молодих учених №0120U101554.

### Перелік посилань

1. Miao Zhu, Kun Yu, Fang Lin Luo, “Switched Inductor Z-Source Inverter”, IEEE Transactions on Power Electronics, 2010, №25, стр. 2150-2158.
2. B. Sahan, A. Notholt Vergara, N. Henze, A. Engler, P. Zacharias, “A Single-Stage PV Module Integrated Converter Based on a Low-Power Current-Source Inverter”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2008, №55, стр. 2602-2609
3. Po Xu, Xing Zhang, Chong-wei Zhang, Ren-jian Cao, Liuchen Chang, “Study of Z-Source Inverter for Grid-Connected PV Systems”, IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2006, №37.
4. Sangeeta DebBarman, Tapas Roy, “Different Types of PWM Techniques analysis for Z-Source Inverter”, IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering, 2014, №9(4), стр. 9-17.
5. C. Roncero-Clemente, O. Husev, S. Stepenko, E. Romero-Cadava, D. Vinnikov, “Interleaved Single-Phase Quasi-Z-Source Inverter with Special Modulation Technique”, IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017.
6. Suresh Lakhimsetty, “Simulation of Z-Source Inverter Using Maximum Boost Control PWM Technique”, International Journal of Simulation Systems, 2013, №2(7), стр. 49 – 59.
7. C. Roncero-Clemente, S. Stepenko, O. Husev, E. Romero-Cadaval, D. Vinnikov, “Maximum Boost Control for Interleaved Single-Phase Quasi-Z-Source Inverter”, IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2017.
8. D.Umarania, Dr.R.Seyezhai, “Modeling and Control of Quasi Z-Source Cascaded H-Bridge Multilevel Inverter for Grid Connected Photovoltaic Systems”, 5th International Conference on Advances in Energy Research, 2015.